



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Patentschrift  
10 DE 197 45 123 C 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
B 23 K 20/12  
B 23 P 9/00

21 Aktenzeichen: 197 45 123.3-45  
22 Anmeldetag: 13. 10. 97  
43 Offenlegungstag: –  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 17. 6. 99

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Haible, Karl-Heinz, 70499 Stuttgart, DE; Reinhardt,  
Rudolf, 73732 Esslingen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 43 44 561 C2  
DE 84 24 774 U1

54 Verfahren zum spanabhebenden Entfernen des Schweißgrates einer Reibschweißung

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum spanabhebenden Entfernen des Schweißgrates einer Reibschweißung durch wenigstens einen in der Reibschweißmaschine integrierten Drehmeißel. Dabei wird der Schweißgrat des rotierenden Werkstückes an einem - abgesehen von einer Vorschubbewegung - ortsfest gehaltenen Drehmeißel in Umfangsrichtung entlangbewegt und zerspant. Um den Schweißgrat rationell entfernen zu können, wird erfindungsgemäß der Schweißgrat bereits während seiner Entstehung beim Reibschweißvorgang und aus der Reibschweißwärme heraus zerspant. Sollen beide axial gegenüberliegenden Reibschweißgrate simultan zerspant werden, so muß ihnen jeweils ein gesonderter Drehmeißel zugeordnet werden. Der Drehmeißel wird während des Reibschweißvorganges axial ortsfest gehalten, wobei der umlaufende, aufwachsende Reibschweißgrat axial in den Drehmeißel hineinläuft. Nach Fertigstellung der Reibschweißung wird eine an der Reibschweißstelle zurückbleibende Gratwurzel vor Entnahme des Werkstückes aus der Reibschweißmaschine bei rotierendem Werkstück durch eine Axialverschiebung des Drehmeißels oder durch eine Radialverschiebung eines Einstech-Drehmeißels im Einstechverfahren zerspant.

DE 197 45 123 C 1

DE 197 45 123 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum spanabhebenden Entfernen des Schweißgrates einer Reibschweißung.

Reibschweißgrate sind in der Regel symmetrisch aufgebaut und weisen ein Paar von im Querschnitt Schnecken- oder Komma-förmigen Wulsten oder Grate auf. Gelegentlich ist es erforderlich, diese Grate zu entfernen. Neben einem Wegbrennen des Grates bei der Entstehung (vgl. DE 196 16 967 C1 oder GB 2 268 431 A) ist erforderlichenfalls vor allem das mechanische Abtragen des Reibschweißgrates durch Abspannen üblich.

Die DE 84 24 774 U1 deutet an, daß Reibschweißwülste von geschweißten Werkstücken durch Abdrehen entfernt werden können, erwähnt aber gleich, daß dies u. U. schwierig oder nicht erwünscht sei. Es wird dort eine Lösung bevorzugt, bei der vor dem Reibschweißen ringförmige, im Querschnitt nischenartige Freiräume an wenigstens einem der zu verschweißenden Teile neben der Schweißstelle angebracht werden, die den bzw. die Schweißwülste aufnehmen können. Zur Vermeidung einer vorherigen Drehbearbeitung des betreffenden Werkstückes auf einer gesonderten Drehbank wird als Lösung vorgeschlagen, diese Drehoperation in die Reibschweißmaschine zu integrieren und sie unmittelbar vor dem Reibschweißen vorzunehmen. Demgemäß ist die bekannte Reibschweißmaschine mit einem Kreuzschlitten, einer Drehmeißelhalterung und einer für Drehvorgänge geeigneten Maschinensteuerung auszurüsten. Allerdings ist aus der DE 84 24 774 U1 lediglich bekannt, Drehoperationen an den zu verschweißenden Einzelteilen in einer Reibschweißmaschine zu integrieren, wobei diese Drehoperationen vor dem Reibschweißen stattfinden sollen. Den beim Reibschweißen entstehenden Schweißwulst mit einem in der Reibschweißmaschine integrierten Drehmeißel zu beseitigen, ist in dieser Druckschrift nicht offenbart.

Die DE 43 44 561 C2 erwähnt einleitend, daß Reibschweißwülste unmittelbar nach Beendigung des Schweißprozesses im noch warmen Zustand abgedreht werden können, wobei allerdings in dieser Druckschrift offen bleibt, ob dieses Abdrehen in der Reibschweißmaschine oder in einer gesonderten Drehbank erfolgt. Jedenfalls wird in dieser Druckschrift das zerspanende Abdrehen eines störenden Reibschweißwulstes mit Rücksicht auf die sehr hohe Festigkeit des Grates aufgrund des Reibschweißverfahrens als aufwendig hingestellt. Demnach wird offenbar davon ausgegangen, daß die dort angesprochenen, zu zerspanenden Reibschweißwülste beim Zerspanen bereits erkaltet und allenfalls noch handwarm sind und die abschreckbedingte Gefügeumwandlung im Reibschweißwulst bereits stattgefunden hat. Zur Vermeidung des Zerspanens gehärteter Reibschweißgrate wird in der genannten Druckschrift zwecks Beseitigung störender Reibschweißwülste ohne teuren Mehraufwand vorgeschlagen, den Reibschweißwulst während des Schweißvorganges (d. h. in noch prozeßwarmen und weichen Zustand) mittels eines Umformwerkzeuges so umzuformen, daß ohne Nacharbeit die Gebrauchsfähigkeit des geschweißten Werkstückes gegeben ist und ein störender Grat nicht mehr vorhanden ist. Das Material des Reibschweißgrates wird nach dieser Literaturstelle also nicht zerspanend abgetragen, sondern in nichtstörende Querschnittsformen umgeformt.

Will man Reibschweißgrate zerspanend abdrehen, so können diese entsprechend ihrem symmetrischen Aufbau dabei nur durch eine ebenfalls symmetrische, axiale Drehoperation von beiden Seiten des Reibschweißgrates her rückstandsfrei abgetragen werden. Jeder einzelne schneckenförmige Grat muß von seiner Spitze her abgetragen werden. Wird – entgegen dieser Vorschrift – der Reibschweiß-

grat radial im sog. Einstechverfahren oder einseitig in nur einem axialen Durchlauf abgespannt, so bleiben zwei lose Gratinge (beim Einstechverfahren) oder es bleibt ein loser Grating (beim einseitigen axialen Abtragen) übrig, der u. U. nur sehr umständlich manuell entfernt werden könnte. Bei langen und/oder sich im Durchmesser gegenüber der Schweißstelle erweiternden Werkstücken müßte ein solcher Grating mittels einer Schneidzange an einer Umfangsstelle geöffnet und vom Werkstück entfernt werden, was zeitraubend ist.

Ausgehend vom geschilderten Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, ein verbessertes Verfahren anzugeben, mit welchem der Schweißgrat rationell und rückstandsfrei entfernt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Gesamtheit der Merkmale von Anspruch 1 gelöst. Danach wird der Grat in der Reibschweißmaschine in statu nascendi zerspannt, d. h. so wie der Grat anwächst wird er auch sofort wieder abgespannt und mechanisch in Spanlocken aufgelöst, die am Spanmeißel radial ablaufen können.

Die Vorteile der erfindungsgemäßen Ausgestaltung des Entgratvorganges liegen in Folgendem:

- Die Werkstücke können an der Reibschweißstelle rationell, d. h. ohne gesonderten Arbeitsgang entgratet werden. Zumindest ist ein gesondertes Einspannen der Werkstücke in eine Drehbank zum Entgraten entbehrlich, nachdem die Werkstücke ohnehin mit hoher Lagegenauigkeit und Stabilität rotierend in der Reibschweißmaschine aufgenommen sind.

- Im Vergleich zu einem Entgraten des Reibschweißgrates in einer gesonderten Drehbank ist beim reibschweiß-integrierten, zerspanenden Entgraten eine höhere Standzeit des Spanmeißels zu erwarten, weil der Reibschweißgrat aus der Reibschweißwärme heraus zerspannt wird und daher weniger Widerstand bietet.

- Wenn die eingerollten Spitzen der beiden Einzelgrate auf beiden axial gegenüberliegenden Gratseiten während der Gratentstehung abgespannt werden, kann eine zurückbleibende bundartige Gratwurzel ohne weiteres und vor allem rückstandsfrei im Einstechverfahren oder durch einen einseitigen axialen Durchgang eines Spanmeißels abgetragen werden.

- Ein Reibschweißgrat kann sauber und vor allem rückstandsfrei entgratet werden, und zwar insbesondere auch in solchen Fällen, in denen die Reibschweißung axial in sehr enger Nachbarschaft zu einem radialen Vorsprung, einer Schulter oder dgl. angeordnet ist, wo sich Platzprobleme bei einem gesonderten Abspannen des Grates in einer gesonderten Drehoperation böten.

Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung können den Unteransprüchen entnommen werden; im übrigen ist die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels nachfolgend noch erläutert; dabei zeigen:

**Fig. 1** eine Reibschweißmaschine zum prozeßintegrierten Abspannen des Reibschweißgrates in der Reibschweißmaschine und während des Reibschweißvorganges,

**Fig. 2** eine stark vergrößerte Einzelheit aus der Darstellung nach **Fig. 1**, den Zerspanungsvorgang des Reibschweißgrates während seiner Entstehung zeigend und

**Fig. 3** und **4** zwei Darstellungen aus dem Stand der Technik beim – unausglichen – Versuch einer nachträglichen und gesonderten Zerspanung des Reibschweißgrates, wobei unzerspanbare Gratreste in Ringform zurückbleiben.

Die in **Fig. 1** dargestellte Reibschweißmaschine **1** zum

Zusammenschweißen von Werkstückteilen **20** und **21** zu neuen Werkstücken **22** weist eine erste drehbar gelagerte und drehantreibbare Arbeitsspindel **2** zur axial ortsfesten Aufnahme des ersten Werkstückteiles **20** und eine zweite, beim dargestellten Beispiel ebenfalls drehbar gelagerte und drehantreibbare Arbeitsspindel **3** zur axialbeweglichen und rotierenden Aufnahme des zweiten Werkstückteiles **21** auf. Die Werkstückteile sind in Werkstückaufnahmefuttern der jeweiligen Arbeitsspindeln drehstarr und konzentrisch zueinander mit hoher Lagegenauigkeit aufgenommen. Die beiden zu verschweißenden Werkstückteile bzw. Arbeitsspindeln werden mit nach Betrag und/oder Drehrichtung unterschiedlichen Umfangsgeschwindigkeiten **7** und **8** angetrieben, so daß sich der für eine Reibschweißung **23** erforderliche Unterschied der Umfangsgeschwindigkeit an der Reibschweißstelle ergibt.

Normalerweise rotiert beim Reibschweißen nur eines der beiden zusammenzuschweißenden Werkstückteile, wogegen das andere Werkstückteil in Umfangsrichtung stillsteht. Gleichwohl wächst auch beim nichtrotierenden Werkstückteil ein rotationssymmetrischer, im Querschnitt sich schneckenförmig einrollender Reibschweißgrat auf, der jedoch wegen des Stillstandes des zugehörigen Werkstückteiles keine Umfangsbewegung ausführt. Das erfindungsgemäße Abspannen des aufwachsenden Reibschweißgrates während der Gratentstehung ist in einem solchen Fall nur auf der Seite es rotierenden Werkstückgrates möglich. Auch dieses einseitige prozeßintegrierte Entgraten ist durchaus sinnvoll, und zwar dann, wenn aus Platzgründen axial neben dem Reibschweißgrat kein Werkzeugauslauf bzw. keine Ansatzmöglichkeit für einen Drehmeißel mehr vorhanden ist, sei es daß unmittelbar neben dem Reibschweißgrat ein Bund oder eine Schulter am Werkstück vorgesehen ist, sei es daß das Werkstück sehr dicht neben der Schweißstelle eingespannt werden muß und die Zugänglichkeit durch das Spannfutter eingeschränkt ist.

Um nun gleichwohl beide Reibschweißgrate in statu nascendi mechanisch abspannen zu können, wurde beim dargestellten Ausführungsbeispiel eine Variante der Reibschweißmaschine gewählt, in der beide Werkstückteile rotieren. Wenn beispielsweise die erforderliche Relativgeschwindigkeit im Reibspalt eine rechnerische Relativedrehzahl von 2000 Umdrehungen je Minute ergibt, so kann die eine Arbeitsspindel mit 200 U/Min und die andere mit 2200 U/Min in der gleichen Drehrichtung rotieren. Eine Drehzahl von 200 U/Min reicht für die Drehzerspannung eines weichen Grades aus. Alternativ könnte auch die eine Spindel mit 200 U/Min in der einen Drehrichtung und die andere Spindel mit 1800 U/Min in der entgegengesetzten Drehrichtung umlaufen.

Das Verfahren des Reibschweißens ist hinlänglich bekannt und braucht hier nicht näher beschrieben zu werden. Durch Relativreibung der Werkstückteile unter axialer Anpressung werden die Teile an der Schweißstelle bis zum teigigen Zustand erhitzt und dann rasch abgebremst. Bei umfangmäßigem, relativem Stillstand, beginnend zumindest bei angenähertem Stillstand, werden die Werkstückteile mit erhöhter Axialkraft und/oder um einen bestimmten Axialhub ineinander gedrückt, d. h. die Teile werden gestaucht. Während der Erwärmungsphase, aber auch noch danach bildet sich der charakteristische, im Querschnitt schneckenartige, symmetrische Schweißgrat **24, 25** – häufig auch als Schweißwulst bezeichnet – aus.

In der Reibschweißmaschine sind Drehmeißel **10, 11** auf einem Kreuzsupport **6** einstellbar gehalten, der seinerseits auf einem definiert verschiebbaren Werkzeugschlitten **5** angeordnet ist. Üblicherweise werden diese Drehmeißel erst nach dem Reibschweißen zwecks Zerspanen des Reib-

schweißgrates zum Einsatz gebracht, sofern das Schweißwerkstück entgratet werden muß. Nach der Reibungserwärmung, dem Abbremsen und Stauchen der Werkstücke und nach dem Lösen des Werkstückes aus einem der Spannfutter, in der Regel aus dem stillstehenden Spannfutter, wird das solcherart teilweise freigelegte Werkstück wieder in Rotation versetzt und das Paar von Reibschweißgraten spanabhebend mittels der Drehmeißel abgetragen. Dabei muß jeder einzelne Reibschweißgrat axial von der freien Werkstückseite her abgespannt werden, weil sonst freie, ringförmige Gratreste übrig bleiben. Bei Werkstücken, die nach dem Reibschweißen ohnehin spanabhebend bearbeitet werden müssen, können derartige Gratingreste ohne weiteres am Rohling verbleiben. Das Reibschweißverfahren ist jedoch wegen seiner hohen Maßhaltigkeit auch als Fügeverfahren geeignet, welches keine Weiterbearbeitung mehr erfordert. In diesen Fällen müssen etwaige Gratingreste auf jeden Fall entfernt oder eine Entstehung solcher Gratingreste von vornherein verhindert werden.

Die Entstehung solcher Gratingreste bei falscher Werkzeugführung beim Abspannen der Reibschweißgrate sei nachfolgend kurz anhand der **Fig. 3** und **4** erläutert. Bei dem darin gezeigten Werkstück **30** ist die Schweißstelle und mit ihr auch der Schweißgrat **31** in unmittelbarer Nachbarschaft zu einem Bund angeordnet. Bei der in **Fig. 3** veranschaulichten Vorgehensweise wird ein in seiner Breite den gesamten Reibschweißgrat **31** überdeckender Einstechmeißel **34** in einer radialen Einstechbewegung **38** auf den Reibschweißgrat zubewegt. Hierbei wird der Grat in abfließende Spanlocken zerlegt. Dieses Zerspanen hält aber nur so lange an, bis die radial innenliegenden Spitzen der Grate erreicht werden. Es bleibt dann rechts und links jeweils ein Gratingrest **35** von kommaförmigem Querschnitt zurück, der sich vom Werkstück löst und nicht weiter zerspannt werden kann. Zwar kann die Gratwurzel **36** noch weiter zerspannt werden, bis das Werkstück im Bereich der Schweißstelle außenseitig glatt zylindrisch ist, jedoch weichen dabei die verbliebenen Gratingreste **35** axial aus und werden nicht mit zerspannt.

Bei dem in **Fig. 4** veranschaulichten, nach dem Reibschweißen vorgenommenen Entgratvorgang wird ein Axialvorschubmeißel **32** einseitig von der frei zugänglichen Seite her auf den Grat **31** in einer Vorschubbewegung **37** zu und über den Grat hinweggeführt, wobei das in der Reibschweißmaschine aufgenommene Werkstück rotiert. Dabei wird der Grat so lange in ablaufende Spanlocken zerspannt, bis das axiale Ende der Gratwurzel **36** erreicht ist. Eine weitere Zerspannung ist dann nicht mehr möglich, weil ein zusammenhängender Gratingrest **33** sich vom Werkstück löst; dieser kann nicht weiter zerspannt werden.

Um den Schweißgrat rationell und rückstandsfrei in der Reibschweißmaschine in statu nascendi mechanisch entfernen zu können, sind die Drehmeißel **10, 11** der Reibschweißmaschine **1** mit ihrer spanabhebenden Meißelspitze **12** auf den von der Reibschweißstelle aufwachsenden Reibschweißgrat **24, 25** ausgerichtet, wobei die Meißelschneide **13** der Drehrichtung **7, 8** des rotierenden Reibschweißgrates entgegengerichtet ist. Durch die ortsfest gehaltenen Drehmeißel wird der Reibschweißgrat so wie der Grat anwächst, sofort wieder abgespannt und mechanisch in Spanlocken aufgelöst, die am Spanmeißel radial ablaufen können.

Der Reibschweißgrat **24, 25** wird bei der erfindungsgemäßen Entgrattechnik in jedem Fall aus der Reibschweißwärme heraus zerspannt. Beim nachträglichen Entgraten ist zumindest die äußerste Gratspitze bereits wieder auf nahezu Raumtemperatur abgekühlt und ist dadurch hart. Die gehärtete Gratspitze verursacht beim nachträglichen Entgraten einen hohen Werkzeugverschleiß. Beim prozeßintegrierten Entgraten ist die Gratspitze bei ihrer Berührung mit dem

Spanmeißel noch warm und somit noch weich; die Werkzeugstandzeit ist dementsprechend höher.

Beim prozeßintegrierten Entgraten bleibt der dem zu zerspanenden Grat zugeordnete Drehmeißel ohne Vorschub ortsfest neben der Schweißstelle stehen. Es bleibt demgemäß nach Fertigstellung der Reibschweißung **23** trotz simultanem Entgraten eine Gratwurzel **26** an der Reibschweißstelle zurück. Diese Gratwurzel kann vor Entnahme des Werkstückes **22** aus der Reibschweißmaschine **1** durch eine Axialverschiebung **37** des Drehmeißels **11** bei rotierendem Werkstück **22** zerspannt werden. Anstatt durch einen Axialvorschub des/der Drehmeißel **10** bzw. **11** kann die Gratwurzel auch durch eine Radialverschiebung eines Einstech-Drehmeißels abgetragen werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum zumindest partiellen, spanabhebenden Entfernen des Schweißgrates (**24, 25**) einer Reibschweißung (**23**), indem zumindest einer der Schweißgrate (**24, 25**), nämlich der des rotierenden Werkstückes (**20, 21**) relativ zu einem in der Reibschweißmaschine (**1**) integrierten, axial ortsfest gehaltenen Drehmeißel (**10** bzw. **11**) bewegt und dadurch der Schweißgrat (**24, 25**) bereits beim Schweißvorgang, d. h. während der Entstehung des Reibschweißgrates (**24, 25**) aus der Reibschweißwärme heraus zerspannt wird, wobei der umlaufende, aufwachsende Reibschweißgrat axial in den Drehmeißel (**10, 11**) hineinläuft und dadurch die relative Vorschubbewegung (**9**) zwischen Reibschweißgrat (**24, 25**) und Drehmeißel (**10, 11**) zumindest in diesem Stadium gratseitig erzeugt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß beide zu verschweißenden Werkstückteile (**20, 21**) während des Schweißvorganges rotierend in der Reibschweißmaschine (**1**) aufgenommen sind und die beiden axial gegenüberliegenden Reibschweißgrate (**24, 25**) einer Reibschweißung (**23**) durch jeweils einen gesonderten Drehmeißel (**10** und **11**) zerspannt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß nach Fertigstellung der Reibschweißung (**23**) eine an der Reibschweißstelle zurückbleibende Gratwurzel (**36**) vor Entnahme des Werkstückes (**22**) aus der Reibschweißmaschine (**1**) durch eine axiale Vorschubbewegung (**9**) eines der Drehmeißel (**10** bzw. **11**) oder durch eine Radialverschiebung eines Einstech-Drehmeißels bei rotierendem Werkstück (**22**) zerspannt wird.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

Fig. 1

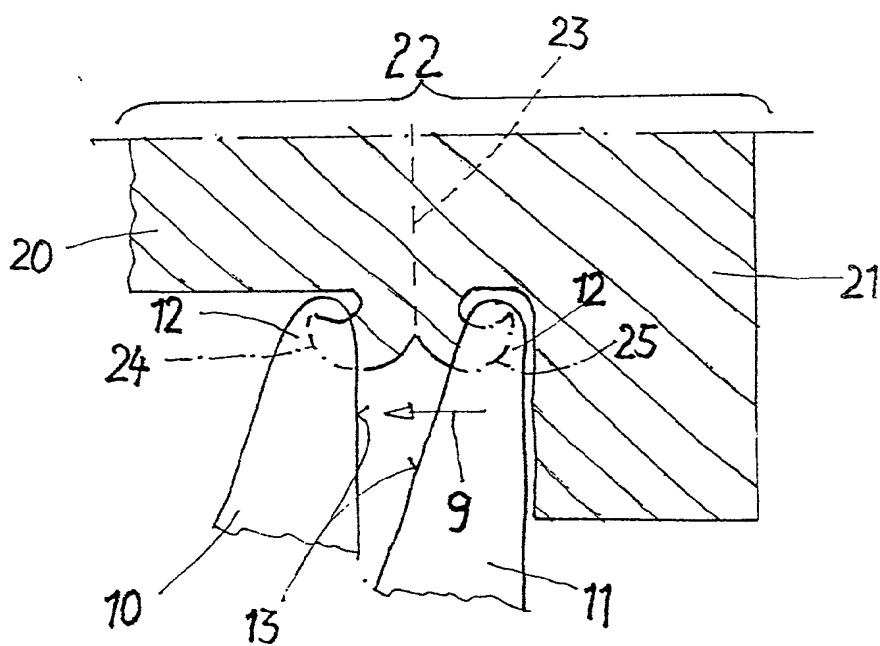
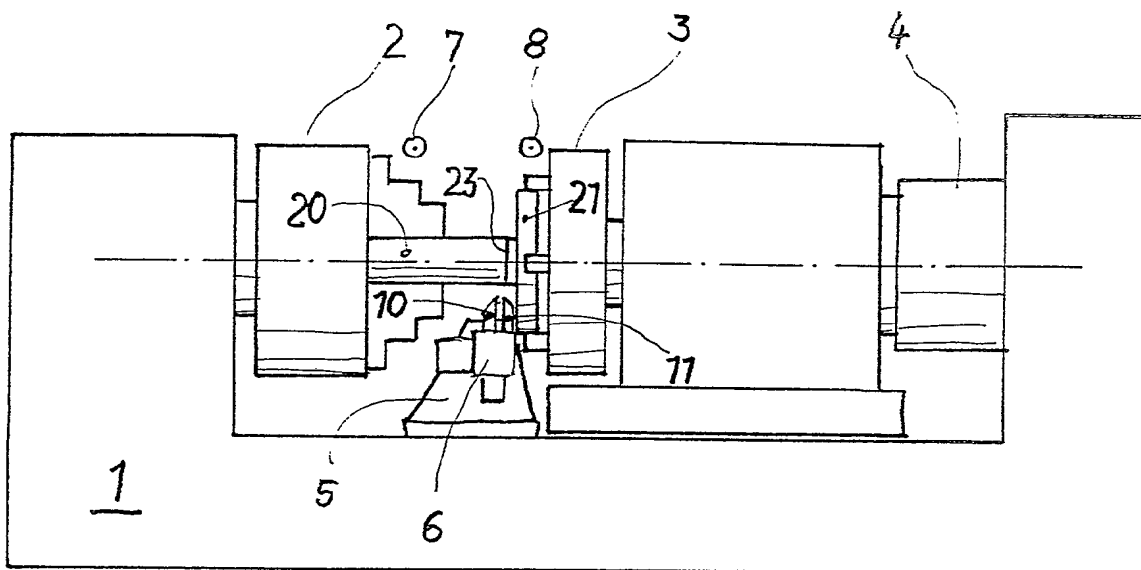


Fig. 2

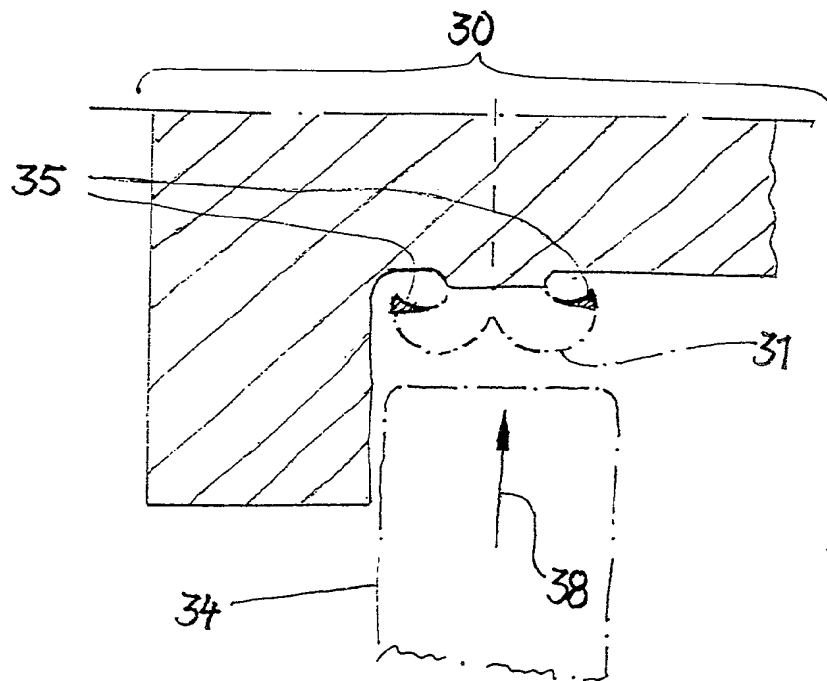


Fig. 3

Stand der Technik

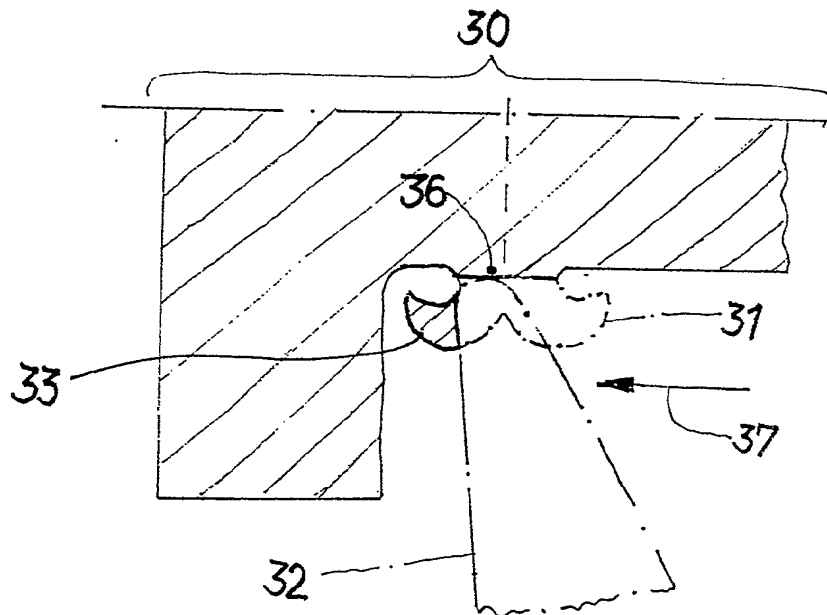


Fig. 4

Stand der Technik